

Изображающий гиперспектрометр – насадка

В.А. Бланк^{а,б}, Р.В. Скиданов^{а,б}

^а Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, 443001, ул. Молодогвардейская, 151, Самара, Россия

^б Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Московское шоссе, 34, Самара, Россия

Аннотация

Изготовлен изображающий гиперспектрометр – насадка. За счет минимизации конструкции, спектрометр состоит только из дифракционной решетки и щелевой диафрагмы, получается очень недорогой прибор. Дифракционная решетка с периодом 6 мкм была изготовлена по технологии прямой лазерной записи на хrome. За счет жидкостного травления получен микрорельеф глубиной 580 нм. Данный гиперспектрометр используется как насадка к обычной камере, что позволяет использовать любую фоторегистрирующую аппаратуру в гиперспектральном режиме.

Ключевые слова: изображающий гиперспектрометр; дифракционная решетка; гиперспектрометр-насадка

1. Введение

В последнее время в прикладной спектроскопии интенсивно развиваются новые методы, позволяющие получать и анализировать спектроскопическую информацию об объекте. Увеличивается число прикладных задач, в которых требуется анализ гиперспектральной информации. При этом гиперспектральные изображения часто получаются уже не со спутников Земли, а с малых летательных аппаратов. Поэтому возникает потребность в минимизации гиперспектральной аппаратуры для удобства использования. Один из путей увеличения компактности – уменьшение количества конструктивных элементов в оптической системе. Существует огромное количество конструкций изображающих спектрометров [1].

Существуют компактные конструкции, основанные на дифракционной линзе [2-4] и линзе-решетке [5,6]. Получение информации в таких конструкциях связано с высокой сложностью алгоритмов обработки и часто невозможно получить достаточное спектральное разрешение.

Схемы Дайсона [7] и Оффнера [8-10] являются дорогостоящими за счет большого количества элементов и изготовления дифракционных решеток на сферических поверхностях.

Оптические схемы большинства современных спектрометров содержат дисперсионный элемент, такой как дифракционная решетка, что подразумевает использование первого порядка дифракции для разложения изображения в спектр. Такой подход вполне подходит например для задач дистанционного зондирования Земли. Для формирования гиперспектральных изображений в полевых условиях нужен относительно компактный гиперспектрометр. При этом, желательно, чтобы гиперспектральные изображения были приемлемого качества [11].

В связи с этим возникает необходимость изготовления недорогих гиперспектрометров небольшого размера. В данной работе будет рассмотрен гиперспектрометр-насадка для камер.

2. Изображающий гиперспектрометр-насадка

Все чаще возникает потребность в быстром получении гиперспектральных изображений в разных областях. Для этого изготавливаются разнообразные конструкции гиперспектрометров, но данные спектрометры в основном являются достаточно сложными и дорогими устройствами. Было бы хорошо разработать гиперспектрометр-насадку, чтобы была возможность в кратчайшие сроки модифицировать устройство, к которому прикрепляется гиперспектрометр-насадка. На рисунке 1 продемонстрирована схема гиперспектрометра-насадки на камеру, где 1 – ПЗС-матрица (штатная матрица камеры), 2 – линза (штатный объектив камеры), 3 – дифракционная решетка, 4 – щель сканирования. Т.е. конструкция спектрометра – это дифракционная решетка, щелевая диафрагма и легкий корпус, соединяющий два элемента.

Дифракционная решетка с периодом 6 мкм была изготовлена по технологии прямой лазерной записи на хrome. Запись осуществлялась по хрому толщиной 45 нм на глубину 580 нм. На рисунке 2 представлена формы микрорельефа, по результатам измерений на интерферометре белого света ZYGO New View 5000.

Экспериментальная схема гиперспектрометра-насадки представлена на рисунке 3. Состоящая из щели и дифракционной решетки, все это закреплено в светонепроницаемом корпусе.

Спектральные изображения получались при помощи камеры TOUPCAM UHCCD00800KRA, к которой была прикрепена конструкция гиперспектрометра-насадки (рис.4).

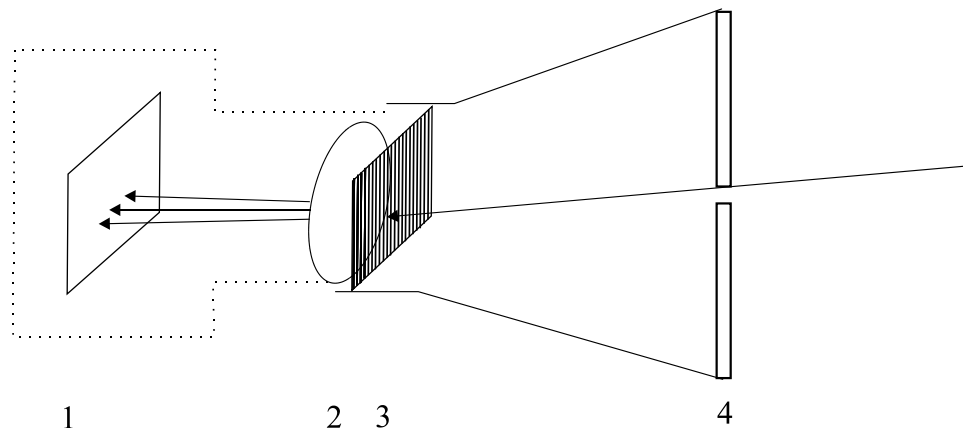


Рис. 1. Конструкция гиперспектрометра-насадки, где 1 – ПЗС-матрица, 2 – линза, 3 – дифракционная решетка, 4 – щель сканирования.

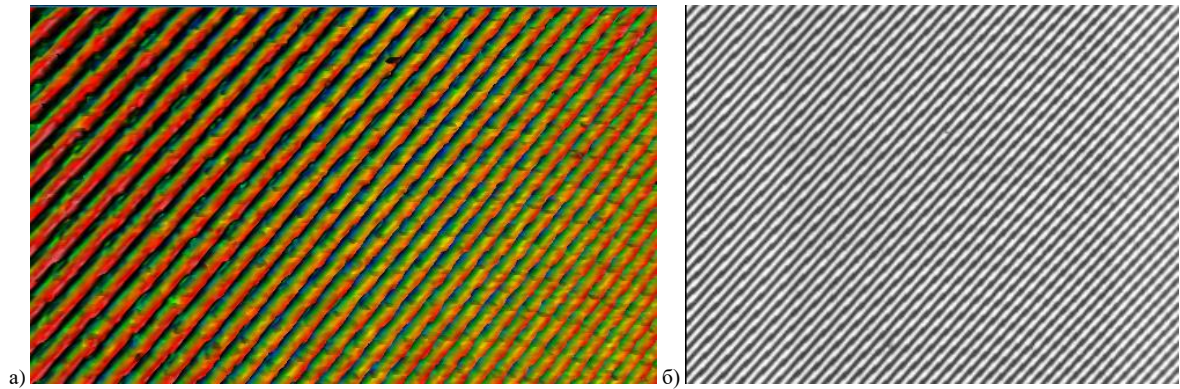


Рис. 2. Часть фазовой функции дифракционной решетки: а) 3D изображение рельефа; б) изображение, полученное в оптическом микроскопе.

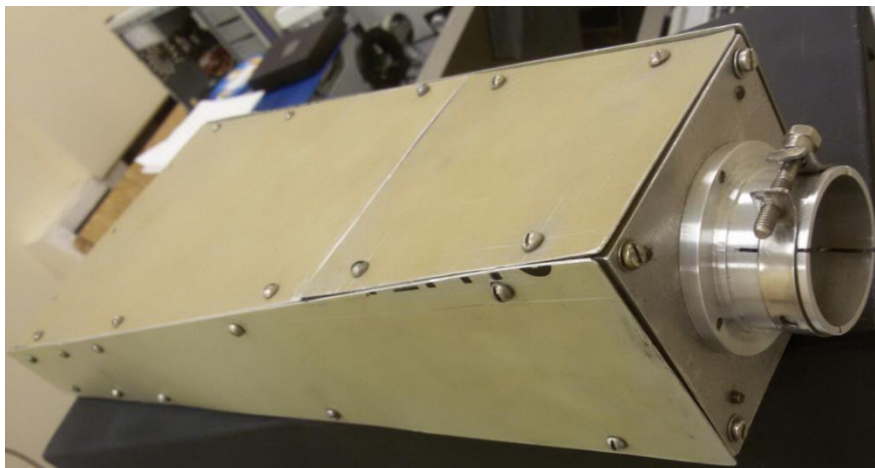


Рис.3. Экспериментальная конструкция гиперспектрометра-насадки.

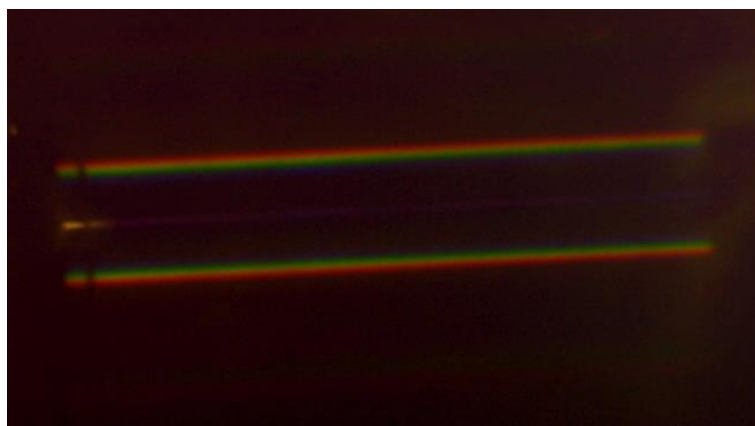


Рис. 4. Спектральное изображение, полученное спектрометром-насадкой.

Как видно из рис. 4 полученные спектральные разложения света, прошедшего через щелевую диафрагму не имеют заметных искажений ближе к краю матрицы, что дает основание говорить о возможности получения качественного гиперспектрального изображения.

3. Заключение

Была изготовлена дифракционная решетка по технологии прямой лазерной записи на хrome. На основе решетки собрана конструкция гиперспектрметра-насадки. После подсоединения гиперспектрметра-насадки к камере было получено разложение в спектр изображения щелевой диафрагмы. Как было видно из полученного спектрального разложения, данная конструкция работоспособна. Данная конструкция позволяет недорого преобразовать любую видеокамеру в гиперспектральную.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-29-11744офи_м).

Литература

- [1] Воропай, Е.С. Дисперсионный гиперспектрметр с реконфигурируемой входной апертурой на основе микрозеркальной матрицы / Е.С. Воропай, И.М. Гулис, А.Г. Купреев, др. // Вестник БГУ. – 2009. – Сер.1, №3. – С. 31-35. – ISSN 0321-0367.
- [2] Blank, V.A. Diffraction lens in imaging spectrometer / V.A. Blank, R.V. Skidanov // Proceedings of Information Technology and Nanotechnology (ITNT-2015), CEUR Workshop Proceedings. – 2015. – Vol. 1490. – P. 17-26.
- [3] Yang, C. Proposal and demonstration of a spectrometer using a diffractive optical element with dual dispersion and focusing functionality / C. Yang, P. Edwards, K. Shi, Z. Liu // Optical Letters. – 2011. – Vol. 36. – P. 2023-2025.
- [4] Скиданов, Р.В. Исследование изображающего спектрометра на основе дифракционной линзы / Р.В. Скиданов, В.А. Бланк, А.А. Морозов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 2. – С. 218-223.
- [5] Chuan Yang. Demonstration of a PDMS based hybrid grating and Fresnel lens (G-Fresnel) device / Chuan Yang // Optics Express. – 2010. – Vol. 18(23). – P. 23529-23534.
- [6] Бланк, В.А. Дифракционные оптические элементы с двойной функциональностью в изображающих гиперспектрметрах / В.А. Бланк, Р.В. Скиданов // Голография. Наука и практика тезисы докладов XIII международной конференции. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. – 2016. – С. 191-193.
- [7] Montero-Orille, C. Design of Dyson imaging spectrometers based on the Rowland circle concept / C. Montero-Orille, X. Prieto-Blanco, H. Gonzalez-Nunez, R. de la Fuente // Applied Optics. – 2011. – Vol. 50(35). – P. 6487-6494.
- [8] Карпеев, С.В. Исследование дифракционной решетки на выпуклой поверхности как диспергирующего элемента / С.В. Карпеев, С.Н. Хонина, С.И. Харитонов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 2. – С. 211-217.
- [9] Казанский, Н.Л. Моделирование работы космического гиперспектрметра, основанного на схеме Оффнера / Н.Л. Казанский, С.И. Харитонов, Л.Л. Досколович, А.В. Павельев // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 1. – С. 70-76.
- [10] Blank, V.A. Experimental study of the optical transfer function (OTF) and spectral accuracy of the imaging hyperspectrometer based on the Offner scheme / V.A. Blank, R.V. Skidanov // CEUR Workshop Proceedings. – 2016. – Vol. 1638 – P. 8-15. DOI: 10.18287/1613-0073-2016-1638-8-15.
- [11] Скиданов, Р.В. Изображающий спектрометр на основе дискретного интерференционного фильтра / Р.В. Скиданов, А.А. Морозов, А.П. Порфирьев, В.А. Бланк // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 716-720. – DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-5-716-720.